CAIRO.UNIV. FACULTY OF ENGINEERING

MUHADARAT IBN AL-HAYTHAM
PT.8

أحمد مختار صبرى



كليـة الهندسة

محاضرات ابن الهيثم التذكارية

المحاضرة الثامنة - الاسطرلاب عند العرب

مطبعة جامعة فؤاد الأول
١٩٤٧

Cairo. University. Faculty of engineering

أحمد مختار صبرى



كليـــة الهندسة

Muhāḍarāt Ibn al-Haytham

محاضرات ابن الهيثم التذكارية

المحاضرة الثامنة - الاسطرلاب عند العرب

مطبعة جامعة فؤاد الأول
١٩٤٧

المحاضرات التى سبق إلقاؤها

المحاضرة الأولى لسنة ١٩٣٩ : الحسن بن الهيثم — الناحية العلمية منه وأثره المطبوع فى علم الضوء — للأستاذ مصطفى نظيف بك أستاذ الطبيعة بكلية الهندسة .

المحاضرة الثانية لسنة ١٩٤٠ : الخوارزمى وأثره فى علم الجبر — للأستاذ الدكتور على مصطفى مشرفه باشا عميد كلية العلوم .

المحاضرة الثالثة لسنة ١٩٤١ : أثر الحضارة الإسلامية فى تقدم الكيمياء وانتشارها — للأستاذ عبد الحميد أحمد بك وكيل مصلحة الكيمياء .

المحاضرة الرابعة لسنة ١٩٤٢ : آراء الفلاسفة الإسلاميين فى الحركة ومساهمتهم فى التمهيد إلى بعض معانى علم الديناميكا الحديث — للأستاذ مصطفى نظيف بك أستاذ الطبيعة بكلية الهندسة .

المحاضرة الخامسة لسنة ١٩٤٣ : كمال الدين الفارسى و بعض بحوثه فى علم الضوء — للأستاذ مصطفى نظيف بك أستاذ الطبيعة بكلية الهندسة .

المحاضرة السادسة لسنة ١٩٤٤ : نظرة المسلمين القدماء إلى تقدم العلوم ورقيها — للمغفور له الدكتور پاول كراوس .

المحاضرة السابعة لسنة ١٩٤٥ : الأسلوب العلمى عند العرب — للأستاذ قدرى حافظ طوقان .

بسم الله الرحمن الرحيم

سـادتى :

قال صلى الله عليه وسلم « العلماء ورثة الأنبياء » ، فهم المقربون عند الله ، المحببون إليه . وقد أحب الله ابن الهيثم ، فوهبه فى حياته الزهد فى الدنيا ، والقناعة بما يكفيه شر السؤال ، فعاش عزيزاً ، ومات عزيزاً . قيل إنه قد ولى عملا من أعمال الدولة ، فتحايل حتى صرف عنه . وكان ينسخ فى كل سنة ثلاثة كتب ، يجيئه من يعطيه فيها ، دون أخذ أو رد ، خمسين ومائة دينار مصرى ، فيجعلها نفقة حوله ، وينصرف إلى علمه . وهيأ له بعد وفاته بعدة أجيال ، رجلا من قومه ، بعث ذكراه ، وأخذ على نفسه أن يبقيها له حية ما استطاع . وساهمت كلية الهندسة فى هذا العمل الكريم ، فاستنت هذه المحاضرة السنوية لذكرى ابن الهيثم ، عسى أن تنفع الذكرى ، ومن أولى من كلية الهندسة بذلك ، ففيها يتمثل نشاطه بناحيتيه النظرية والعملية ، فقد كان إلى جانب اشتغاله بالعلوم النظرية ، مهندساً متفنناً فى الأعمال الهندسية ، وقد ذكر له كتاب فى عقود الأبنية ، وكتاب فى المساحة .

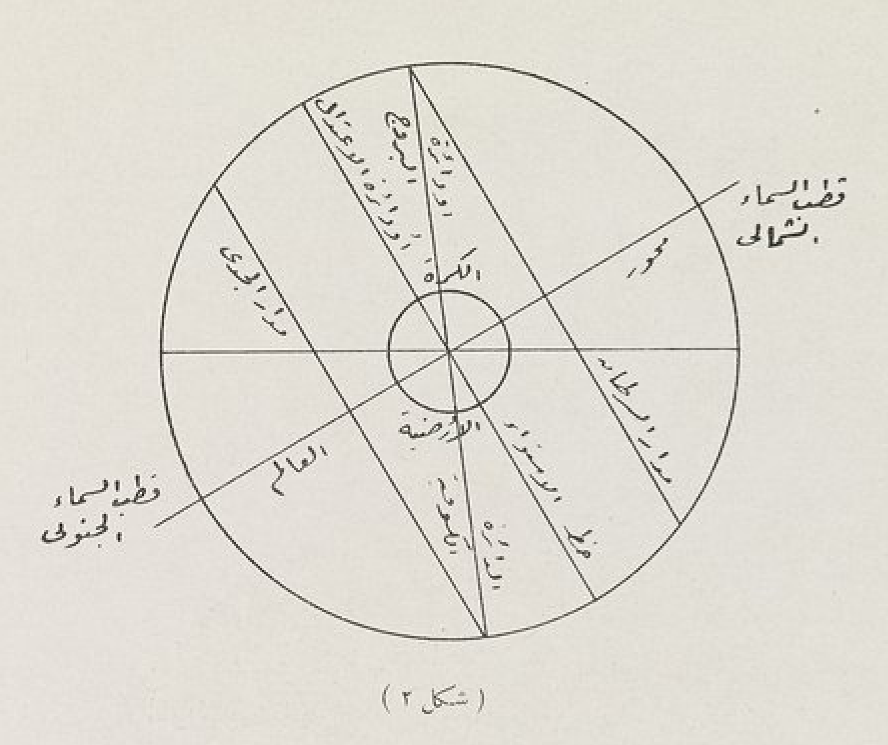
وقد ألقى هذه المحاضرات قبلى رجال أكثرهم من طبقة أساتذتى ، فلما دعيت لالقاء كلمة هذا العام ، تهيبت ، وكنت بين أمرين : إما أن أحجم ، فأرد دعوة هى عندى بمنزلة الأمر . وإما أن أقدم ، فأضع نفسى موضعاً لا أحسد عليه ، ولكنى توكلت على الله ، وبينما أشادوا هم بذكر الرجل العظيم ، ونواحى نشاطه المتعددة ، اخترت أن أتكلم عن آلة صغيرة فى ذاتها ، عظيمة بقيمتها ، لاشك أن ابن الهيثم كان يعرفها ، ويعمل بها ، وهى كذلك قد أشبه جدها جد ابن الهيثم ، فى أنها كانت يوما ذات شأن ، ثم عفى على ذكرها الدهر فى بلادها ، فلم يبق لها إلا اسم تعرفه القلة ، وهذه الآلة هى الاسطرلاب .

والاسطرلاب ، (شكل ١) ، آلة فلكية تمثل قبة السماء ، ولذلك وجب على أن أعيد إلى ذاكرة حضراتكم بعض الحقائق عن هذه القبة ، وبعض النقط والخطوط الرئيسية التي عليها .



(شكل ١) الاسطرلاب الكامل

فالسماء ، (شكل ٢) ، كرة وهمية ، متحدة المركز مع الكرة الأرضية ، نصف قطرها غير محدود ، ولا نهاية له . وإذا أخرجنا محور الأرض



(شكل ٢)

من طرفيه ، فهو يقابل هذه القبة فى نقطتين ، هما قطباها الشمالى والجنوبى ، ويسمى خط القطبين هذا ، محور العالم .

وإذا تأملنا هـذه القبة ليلا فترة طويلة نوعا ما ، لوجدنا أنهـا تدور ببطء من الشرق إلى الغرب ، وعليها نجومها ثابتة عليها ، تدور معها فى دوائر عمودية على المحور ، دون أن تتغير مواقعها بالنسـبة لبعضها البعض ، أو بالنسبة للقبة نفسهـا ، ولا يستثنى من ذلك إلا الشمس والقمر والـكواكب السـيارة وهى قلة ضئيلة .

وقد قسمت النجوم الثابتة إلى مجموعات ، لا رابطة بين نجومها مطلقا فى الواقع ، ولكن تخيل القوم صوراً فى السماء ، دعيت بأسمائها مجموعات النجوم التى تدخل تحتها ، وسميت بعض هذه المجموعات وهى التى تتنقل فيها

الشمس بروجا ، ولم تكن هذه الصور معروفة فى الجاهلية أو صدر الاسلام ، فالعرب حينئذ لم تُسمّ إلا النجوم المفردة والكواكب السيارة .

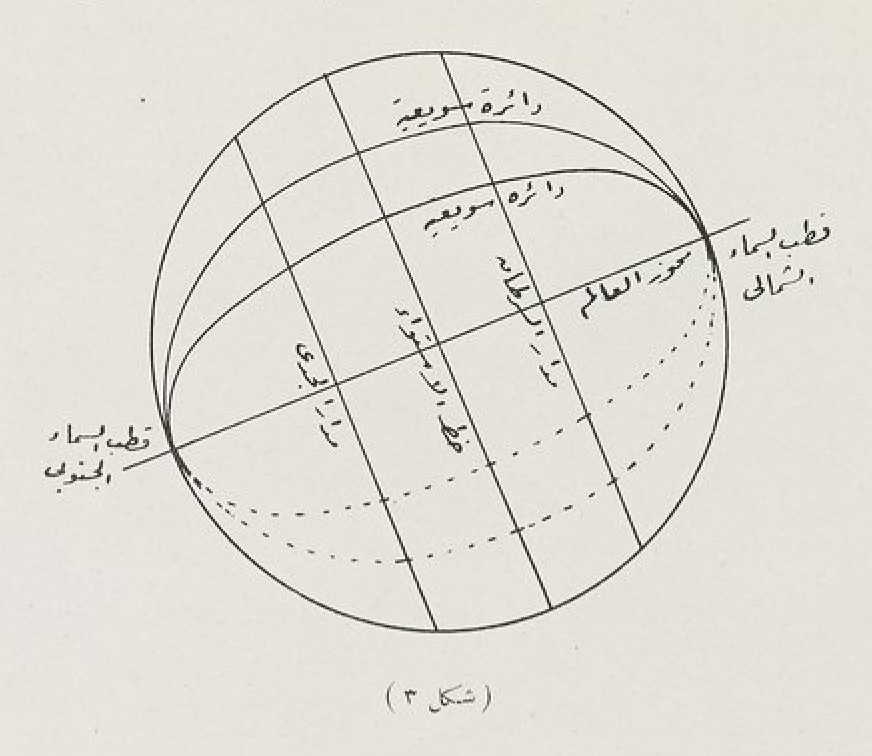
ولو استطعنا أن نراعى هذه النجوم الثابتة يوما كاملا من ليل ونهار ، لوجدنا أنها تتم دورة كاملة فى اليوم ، يوما بعد يوم ، وعاما بعد عام ، دون تغيير أو تبديل . وهذه الدورة اليومية الظاهرة من الشرق إلى الغرب ، هى طبعاً ناشئة عن دوران الأرض الحقيقى حول المحور المشترك ، من الغرب إلى الشرق .

وتساهم الشمس فى هذه الحركة ، فهى كذلك ترسم دوائر عمودية على المحور ، تسمى الدوائر اليومية . ولكن للشمس حركة أخرى ، فهى كل يوم تنتقل انتقالا يسيراً بين النجوم الثابتة على قبة السماء . ولو أننا رصدناها يوميا طوال العام لوجدنا أنها ترسم فى انتقالها هذا على قبة السماء دائرة عظيمة تقع فى مستوى مائل على سطوح الدوائر اليومية بمقدار ثلاث وعشرين درجة ونصف درجة تقريباً ، وتسمى هذه الدائرة بالدائرة الكسوفية أو دائرة بروج الشمس .

والمشاهد أن الشمس لا تثب فجأة من دائرة يومية إلى التى تليها مهما قربت هذه الدوائر بعضها من البعض . والواقع أن هذه الدوائر ليست كاملة ، ولكنها تكوّن لفات حلزون على قبة السماء ، قريبة جداً من بعضها ، فالمسافة الزاوية بين كل دائرتين لا تزيد إلا قليلا عن ربع درجة . وتبلغ الشمس أقصى بعدها الشمالى عن خط الاستواء عند برج السرطان ، وتسمى الدائرة اليومية التى ترسمها حينئذ مدار السرطان ، أو المنقلب الصيفى . وتبلغ أقصى بعدها الجنوبى عند برج الجدى ، وتسمى الدائرة اليومية التى ترسمها مدار الجدى ، أو المنقلب الشتوى .

وتُعين مواقع الأجرام السماوية على قبة السماء تماما كما تعين مواقع البلاد على الكرة الأرضية ، فكما نتصور أن الكرة الأرضية عليها شبكة من دوائر الطول والعرض ، كذلك تقسم الكرة السماوية بشبكة من الدوائر المتقاطعة ، وهناك أكثر من طريقة لذلك . ونذكر فقط طريقتين هما اللتان يعنينا أمرهما أكثر من غيرهما عند الكلام على الاسطرلاب .

فى الطريقة الأولى (شكل ٣) ، تقسم الدوائر اليومية إلى أربعة وعشرين قسما متساوية ، وتخرج السطوح التى تمر بنقط التقسيم و بمحور العالم ، فتقطع قبة



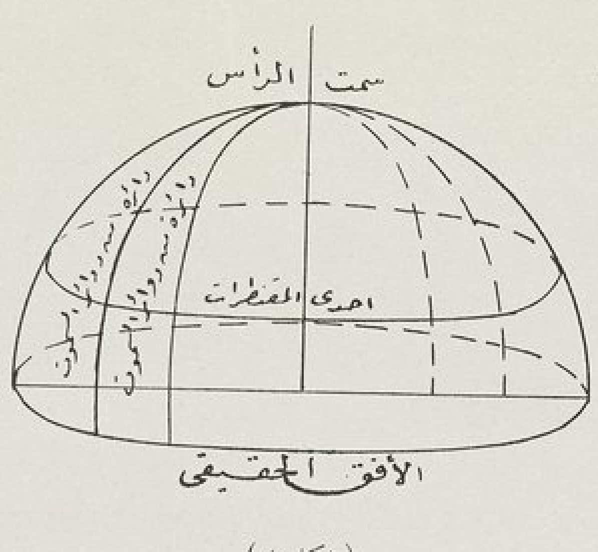
(شكل ٣)

السماء فى دوائر كبرى تسمى الدوائر السويعية أو الساعات . وتكون هى والدوائر اليومية والمدارات مجموعة من خطوط الطول والعرض على قبة السماء .

والطريقة الثانية (شكل ٤) أقرب إلى التصور ، وهى أن يمد الخط الرأسى المار بمكان الرصد حتى يقابل قبة السماء فى نقطة تسمى سمت الرأس . ويرسم المستوى المار بمركز الأرض عموديا على هذا الخط الرأسى نفسه ، فيلتقى مع قبة السماء فى دائرة عظمى تسمى الأفق الحقيقى .

ترسم مستويات موازية للأفق ، على زوايا متساوية ، من الأفق إلى سمت الرأس ، فتقطع قبة السماء فى دوائر صغرى ، سماها العرب المقنطرات . ثم ترسم مجموعة أخرى من المستويات ، قائمة على الأفق ، ومارة بسمت الرأس ، فتقطع السماء فى دوائر عظمى سميت دوائر السموت . فيتكون منها ومن

المقنطرات مجموعة أخرى تشبه خطوط الطول والعرض ، وتسمى دائرة السمت التى تمر بمكان الرصد ، خط الزوال فى ذلك المكان .



(شكل ٤)

ولكن يؤخذ على هذه الطريقة أنها لا تصلح إلا لمكان واحد فقط ، فسمت الرأس ودائرة الأفق . تختلفان باختلاف الأمكنة ، فبعد سمت الرأس عن القطب يساوى تمام عرض المكان ، ودائرة الأفق تميل على المدارات بمثل هذه الزاوية .

هذا باختصار وصف قبة السماء ، وحركة الشمس والنجوم الثابتة عليها . وكيفية تعيين مواقعها . وقد يبدو غريباً أن نفرض أن نصف قطر هذه القبة غير محدود ، ولكن إذا راعينا أننا لا نقيس عليها إلا الزوايا دون المسافات ، وأن قطر مدار الأرض بأكمله يساوى أقل من جزء من مائة ألف جزء من بعد أقرب النجوم الثابتة إلينا لعلمنا أنه لا حركة الأرض اليومية ولا حركتها السنوية تحدث أى خطأ يذكر بسبب هذا الفرض .

والاسطرلاب صورة مصغرة لقبة السماء ، لذلك كان طبيعياً أن يكون فى أول أمره كرة ترسم عليها الخطوط الرئيسية لهذه القبة ، ثم تعين عليها

مواقع النجوم ، ولكن هذا الشكل يحتاج إلى مهارة فى الصناعة ثم هو إلى ذلك صعب النقل لا يسهل حمله من مكان إلى آخر . ولذلك عدل عنه إلا فيما ندر إلى نوع آخر هو النوع المستوى .

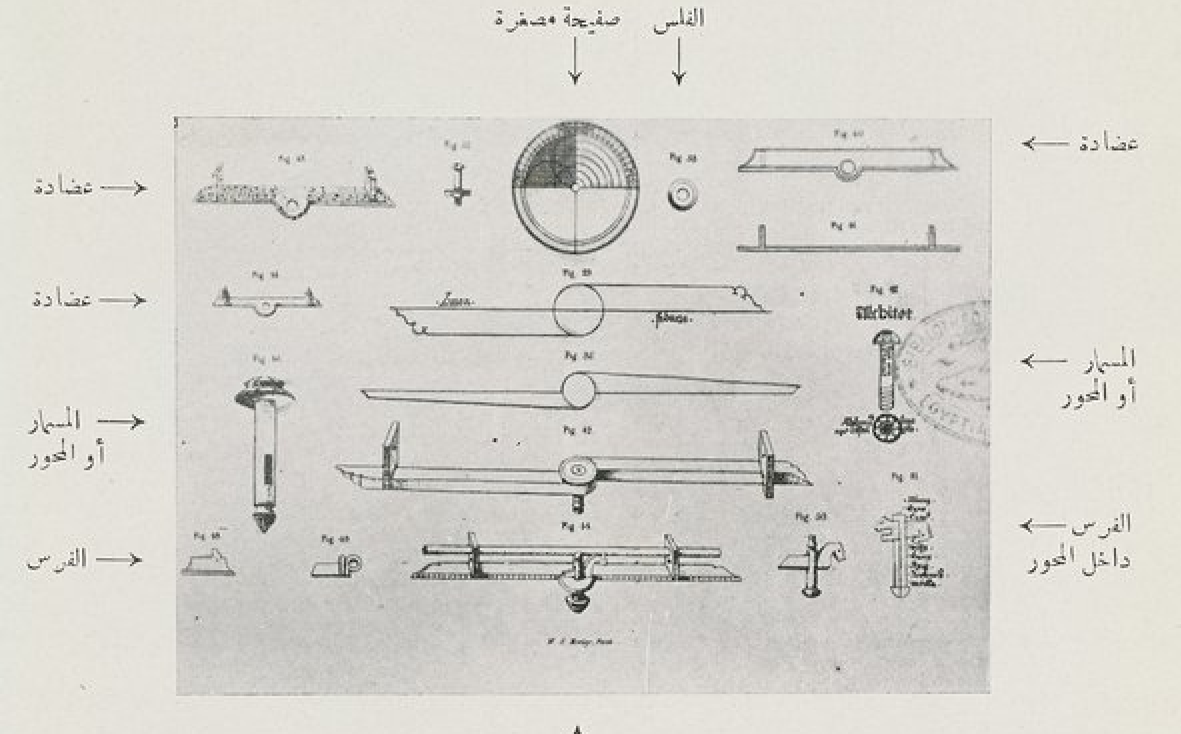
وفى هذا النوع يرسم مسقط قبة السماء على مستوى خط الاستواء أو كما كان يقول القوم (تبسط قبة السماء على دائرة معدل النهار) .

وللاسقاط عدة طرق . قد استعمل منها فى عمل الاسطرلاب أوفاها بالغرض وهو النوع المسمى استريوجرافيك ، وفيه يكون مركز إسقاط الكرة . نقطة على سطح الكرة ، وتكون مساقط الدوائر دائماً دوائر أو أقواساً منها أو خطوطاً مستقيمة ، وتكون مساقط الزوايا المتساوية متساوية ، أما المسافات أو الأبعاد ، فان مساقطها تختلف باختلاف مواقعها على سطح الكرة فلا تكون عادة مساقط الخطوط المتساوية متساوية ، ولكن بما أن جميع الأقيسة على كرة السماء هى أقيسة زوايا فلا ضرر من ذلك الاختلاف .

وأشهر أنواع الاسطرلاب المستوى ثلاثة ، شمالى ، وهو الذى تبسط فيه قبة السماء على مستوى معدل النهار من القطب الجنوبى ، أى أن نقطة النظر تكون عند هذا القطب ، ويسقط عليه من سطح القبة كل الجزء الواقع بين مدار الجدى والقطب الشمالى ، ويخرج عنه الجزء الواقع بين هذا المدار والقطب الجنوبى . والنوع الثانى وهو الذى تبسط فيه قبة السماء على دائرة معدل النهار كذلك ولكن من قطبها الشمالى ، أى أن نقطة النظر تكون عند هذا القطب ، ويخرج عنه من الكرة السماوية كل مايقع بين مدار السرطان والقطب الشمالى ، ولذلك لا يقع فيه كثير من أعلام النجوم الشمالية . وهناك نوع ثالث قد بسطت فيه قبة السماء على دائرة معدل النهار من قطبيها الشمالى والجنوبى معاً وبذلك اختلطت خطوطه ، فوقع فيه مدار السرطان ومدار الجدى على دائرة واحدة واختلطت نجومه الشمالية والجنوبية لاتفاق مساقط مداراتها ، فأصبح العمل به عسيراً .

ويتألف الاسطرلاب المستوى من الأجزاء الآتيــة : الأم والمحور والصفائح ، والشبكة أو العنكبوت . والعضادة والفرس وأحياناً قطعة صغيرة

تسمى الفلس . أما الأم فهى أكبر صفائح الاسطرلاب التى تجمع عليها الصفائح الأخرى (شكل ١) ، وحافتها من الخارج هى الحجرة . وهى حلقة متوازية السطوح ، عريضة نوعاً ، تحيط بجميع الصفائح بما فيها الشبكة ، وسمكها يساوى سمك هذه الألواح مجتمعة ، وهى تسمى أحياناً الطوق ، ومنها يبرز الكرسى الذى

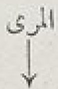


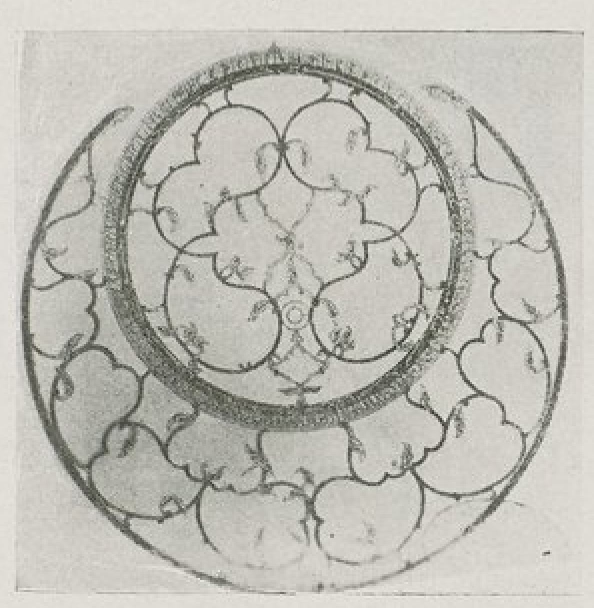
(شكل ٥) أجزاء الاسطرلاب

فيه العروة والحلقة التى يعلق منها الاسطرلاب . أما المحور (شكل ٥) فهو المسمار الاسطوانى المار فى وسط الحجرة ، المنتظم لجميع الصفائح بما فيها الشبكة ثم العضادة . أما الصفائح فهى الأجزاء الأساسية من الاسطرلاب ، وكلها مستديرة متساوية مستوية تماماً ، رقيقة السمك ، يبلغ عددها من خمس إلى عشر فى الاسطرلاب الواحد . وهى مثقوبة عند مركزها بما يساوى قطر المحور ، فتنتظم عليه ، ومن فوقها الشبكة وأحياناً العضادة . وقد سمى العرب هذه

الثقوب المركزية ، المحن . وتجعل على محيط كل صفيحة خارجة صغيرة تبيت فى تجويف مصنوع لها فى الحجرة فتمتنع الصفيحة من الدوران إذا دارت فوقها الشبكة أو العضادة .

أما الشبكة أو العنكبوت (شكل ٦) فهى صفيحة توضع فوق سائر الصفائح الأخرى وتدور فوقها ، ولذلك صنعت مفرغة إلا قليلا من سطحها فلا يبقى منها





(شكل ٦) الشبكة

إلا محيطها ، ودائرة أخرى لها مركز غير مركزها . ثم بعض خوارج حادة ، وعند محيطها خارجة صغيرة تصلح كمؤشر لمعرفة مقدار دورانها . تسمى المرى . أما العضادة فهى شظية مستطيلة متوازية السطوح تدور حول محور الاسطرلاب ، والحرف الأسفل من هذه الشظية يسمى خط الترتيب ، وهو يمر بالمركز ، وعلى السطح الأعلى من العضادة بالقرب من طرفيها ، صفيحتان متوازيتان قائمتان تسمى كل منهما هدفة أو لبنة وفى كل واحدة

ثقب يدخل عليه شعاع الشمس أو النجم أو الجسم المشرق الذى يرصد بالاسطرلاب . ويقع مركز الثقبين بالضبط فوق خط الترتيب . وتستعمل العضادة غالباً على ظهر الاسطرلاب ولكنها أحياناً تستعمل على وجهه . أما الفرس فهى قطعة مخروطة كأنها مسمار برأس عريض تنفذ من ثقب فى المحور فتضم الصفائح بعضها إلى بعض وبقدر إحكام صنعة الآلة يكون حسن انطباق الصفائح . وأحياناً توضع حلقة صغيرة تسمى الفلس بين الفرس والعضادة أو العنكبوت لمنع الاحتكاك بينها وبينهما عند دورانهما .

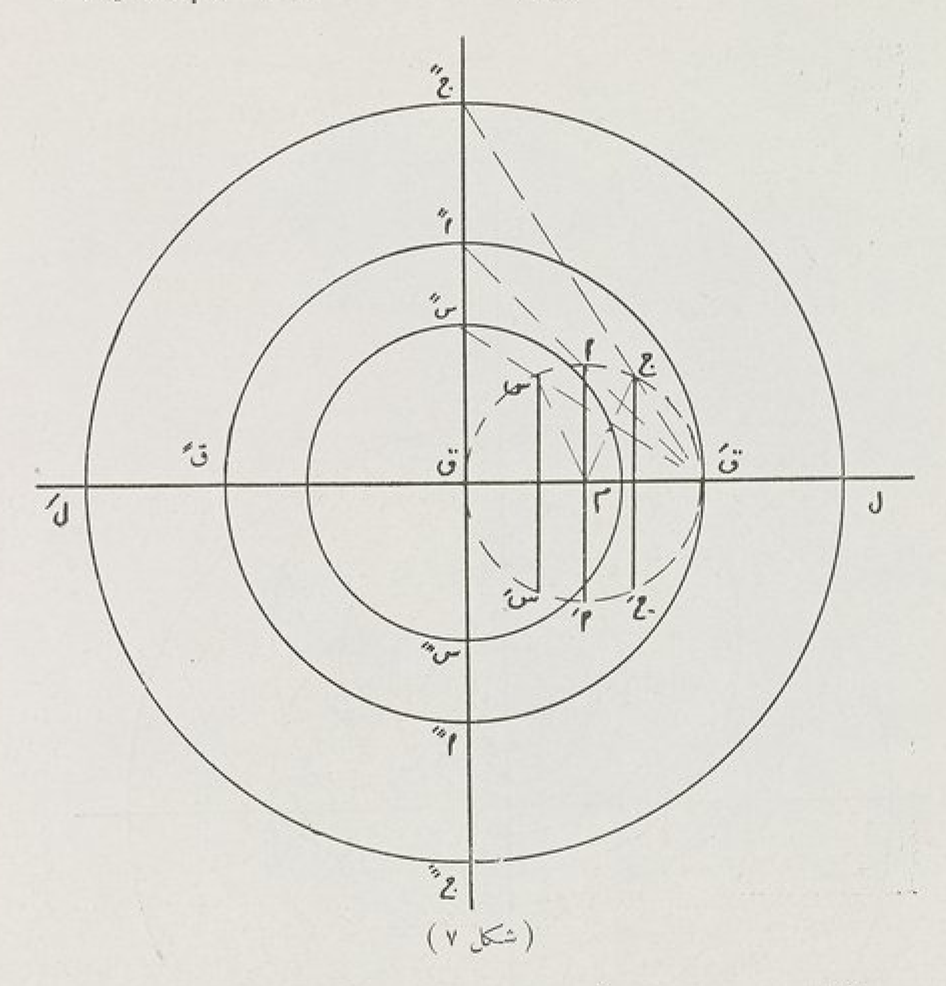
والآن ننتقل الى الرسوم التى على الاسطرلاب . فالحجرة تقسم الى ٣٦٠° من اليسار الى اليمين ابتداء من الخط الرأسى والاسطرلاب معلق من حلقته . وتوضع على نقط التقاسيم الحروف الأبجدية خمس درجات فخمس درجات هكذا : (ه . ى . يه . ك . كه . الى شس ٣٦٠°) .

أما رسوم الصفائح فهى مساقط قبة السماء وخطوطها على دائرة الاعتدال وكيفية إسقاط هذه الخطوط هى كما يلى :

الدوائر اليومية أو المدارات : لا يبسط من هذه الدوائر إلا أهمها وهى مدار السرطان ثم دائرة الاستواء أو كما كان يسميها العرب مدار الاعتدال أو مدار رأسى الحمل والميزان ثم مدار الجدى .

نفرض أن الكرة م (شكل ٧) هى قبة السماء وأن ق ، ق َ هما قطباها وأن س سَ . اا َ . ج جَ هى مدارات السرطان والاعتدال والجدى على الترتيب . يرسم مستو مماس للكرة عند ق فيكون ج ً ج ً ً هو أثر ذلك المستوى على سطح الورقة . وبما أن قَ هى مركز الاسقاط فاذا أخرجنا منها خطوطاً تمر بمحيط الدائرة ج جَ فانها تكون مخروطاً قائماً يقطع المستوى المماس فى الدائرة ج ً ج ً ً . فاذا أدرنا هذا المستوى تسعين درجة لكى ينطبق على مستوى الورقة كانت الدائرة ج ً ج ً ً هى مسقط مدار الجدى . وبما أن الاسطرلاب لا يمثل من قبة السماء إلا الجزء الذى يقع إلى الشمال من هذا المدار فتجعل هذه الدائرة حداً للرسم ، أى قريبة جداً من محيط الاسطرلاب .

وبالمثل تكون الدائرتان ا″ ا‴، س″س‴ هما مسقطا مداري الاعتدال والسرطان . وتكون النقطة ق هي القطب الشمالي للسماء . ونلاحظ هنا أن الجزء الشرقي من الكرة يقع إلى يسار النقطة ق والجزء الغربي إلى يمينها .

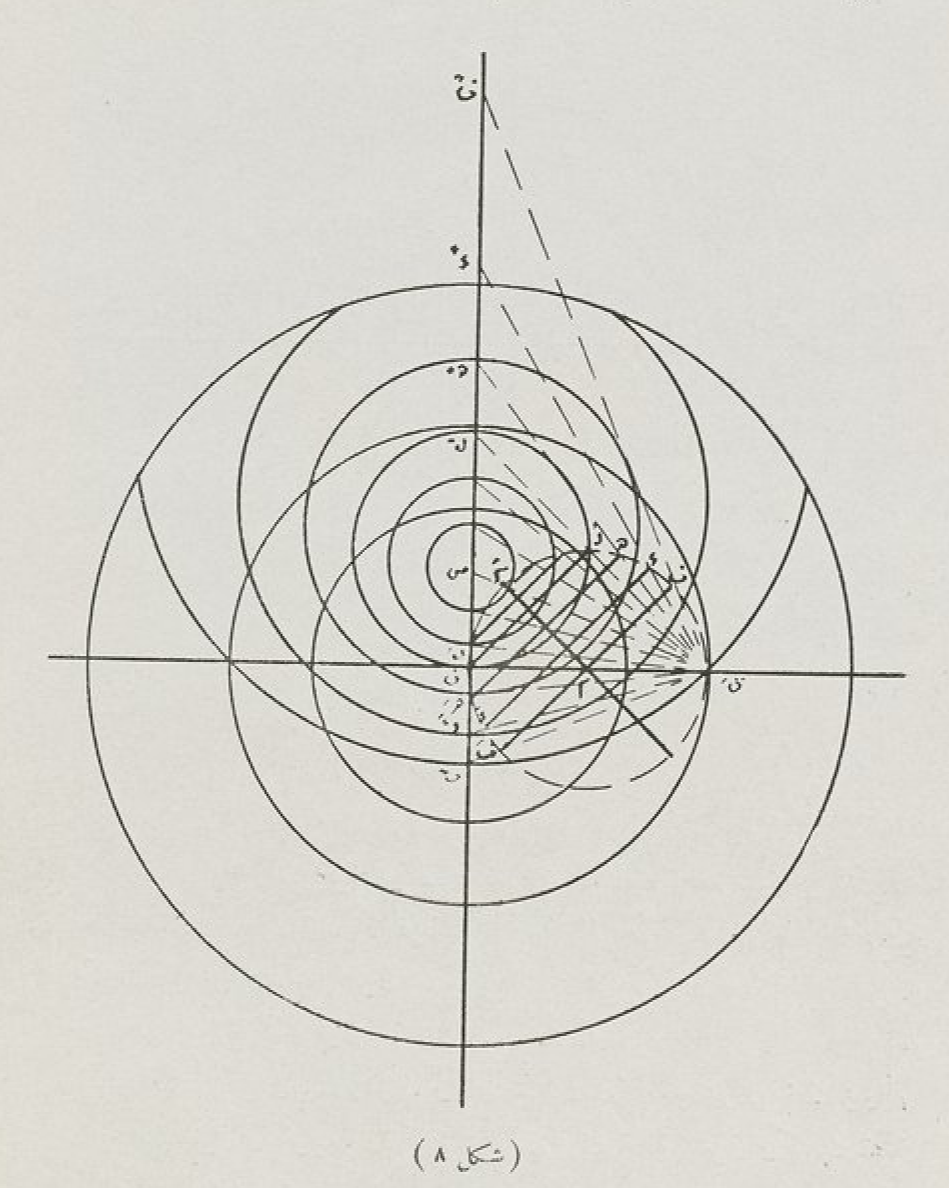


(شكل ٧)

أما السطوح السويعية أو الساعات فان مساقطها جميعا تكون خطوطاً مستقيمة تمر بالقطب ق . فاذا فرضنا أن ج″ ج‴ هو مسقط السطح الذي يمر بسمت الرأس عند محل الرصد ، كان ذلك الخط هو خط نصف نهار المحل . ويسمى جزؤه الذي فوق الأفق خط وسط السماء أو خط الزوال ، وجزؤه الذي تحت الأفق وتد الأرض . وكان الخط ل ل′ العمودي على خط الزوال هو خط المشرق والمغرب . وتكون النقطة ق″ هي نقطة المشرق وكذلك نقطة

الاعتدال الربيعى . و قَ هى نقطة المغرب وكذلك الاعتدال الخريفى .
ولا يرسم من مساقط السطوح السويعية غير هذين الخطين .

أما لرسم المقنطرات فيعين أولا على الكرة موقع سمت الرأس مَ ، (شكل ٨) ، وهو يبعد عن القطب بما يساوى تمام عرض المكان . ثم يرسم مستوى الأفق ف فَ عموديا على م مَ . وترسم المقنطرات د دَ ، هـ هـَ ، ك كَ موازية



(شكل ٨)

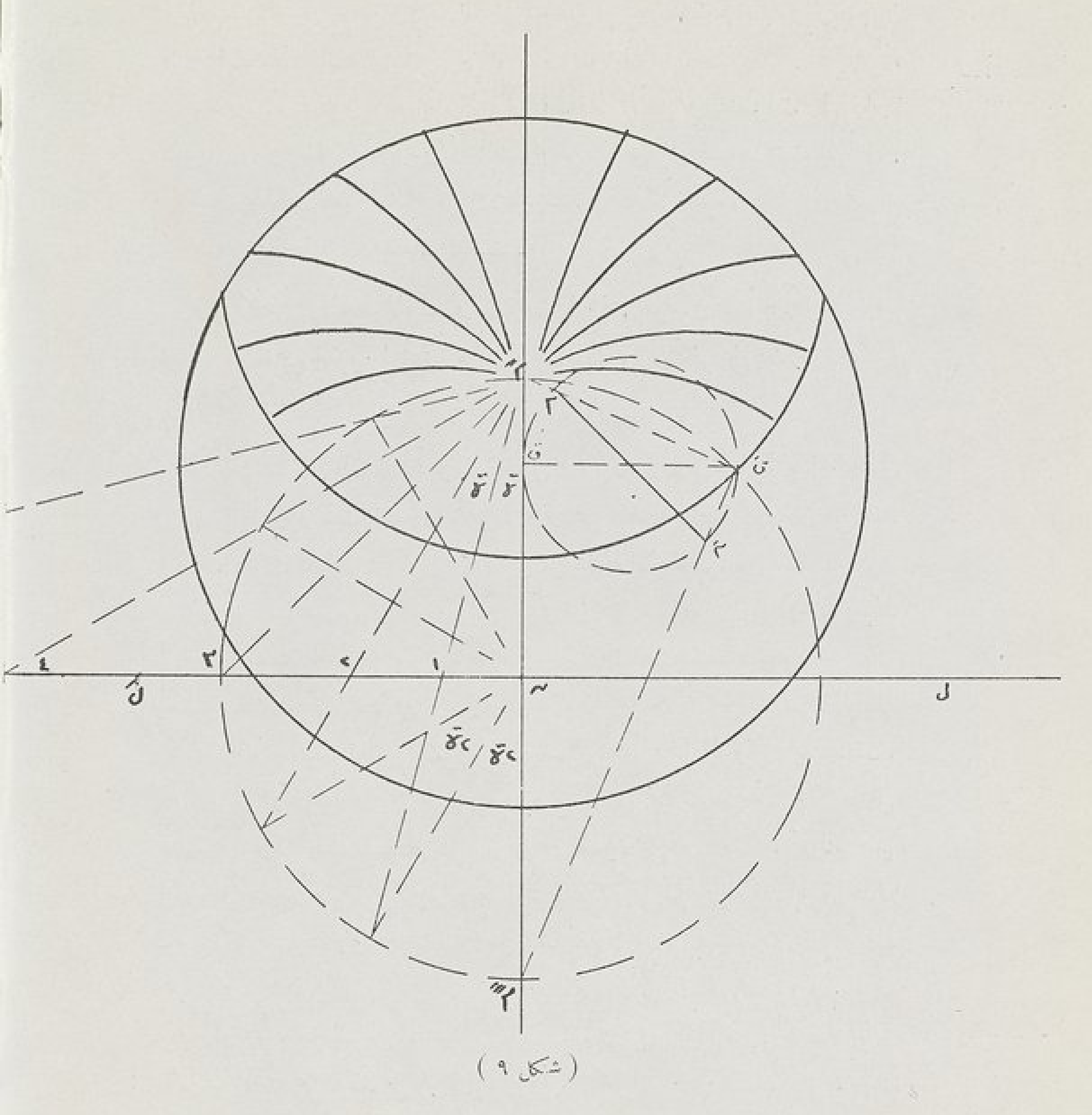
للأفق على زوايا متساوية من بعضها البعض . قد تكون درجة واحدة أو ثلاث درجات ، أو ست درجات . ويسمى الاسطرلاب حينئذ تاما أو ثلاثيا أوسداسيا . ثم نخرج من ق َ مستقيمات شعاعية تمر بمحيطات هذه الدوائر فتكون مخروطات تقطع المستوى المماس على الدوائر ف ً ف ً ً . د ً د ً ً . هـ ً هـ ً ً . ك ً ك ً ً . فتكون هذه الدوائر هى مساقط الأفق والمقنطرات على دائرة الاعتدال . وتصغر هذه الدوائر بالتدريج من الأفق إلى مسقط سمت الرأس . وتوضع عليها أرقامها ابتداء من الأفق بالحروف الأبجدية من ا إلى ص ، أى تسعين درجة وهى مسقط السمت .

وفى بعض الاسطرلابات يرسم تحت الأفق قوسان ، أحدهما على بعد ثمانى عشرة درجة من الأفق الغربى لوقت العشاء والآخر على بعد تسع عشرة درجة من الأفق الشرقى لوقت الفجر .

ولرسم مساقط دوائر السموت (شكل ٩) ، ترسم أولا مساقط مدار الجدى وسمت الرأس وسمت القدم والأفق ، وتراعى بصفة خاصة دائرتان من هذه الدوائر إحداهما الدائرة ق َ م َ ق م التى تمر بنقطة الاسقاط ، فان مسقطها يكون مستقيما يمر بمسقطى م ، م َ أى م ً ، م ً ً أى ان هذا المسقط ينطبق على خط وسط السماء . والثانية الدائرة العمودية على الأولى فان قطر مسقطها يكون م ً م ً ً ولذلك ينصف هذا الخط فى ن وترسم عليه دائرة تكون هى المسقط المطلوب . وهذه الدائرة تمر بنقطتى المشرق والمغرب وتعتبر مبدأ لدوائر السموت . أما الدوائر الأخرى فبما أن مساقطها جميعا يجب أن تمر بنقطتى م ً م ً ً فالمحل الهندسى لمراكز هذه المساقط هو ل َ ن ل العمود على م ً م ً ً . ثم لنفرض أن بين كل دائرتين منها زاوية ة . يقسم محيط م ً م ً ً إلى أجزاء متساوية ابتداء من م ً ً كل منها يساوى ٢ ة وتوصل نقط التقسيم إلى م ً بمستقيمات تقطع ل َ ل فى ١ ، ٢ ، ٣ فتكون هى مراكز المساقط المطلوبة . وتسمى دوائر السموت شرقية أو غربية حسب وقوعها إلى جهة الشرق أو الغرب . وتوضع عليها الحروف الدالة على ميلها على مبدأ السموت .

وهذه المجموعة الأخيرة من الخطوط . المكونة من المقنطرات ودوائر السموت تجعل الاسطرلاب صالحاً للعمل فى مكان واحد فقط ، إذ أنها تختلف

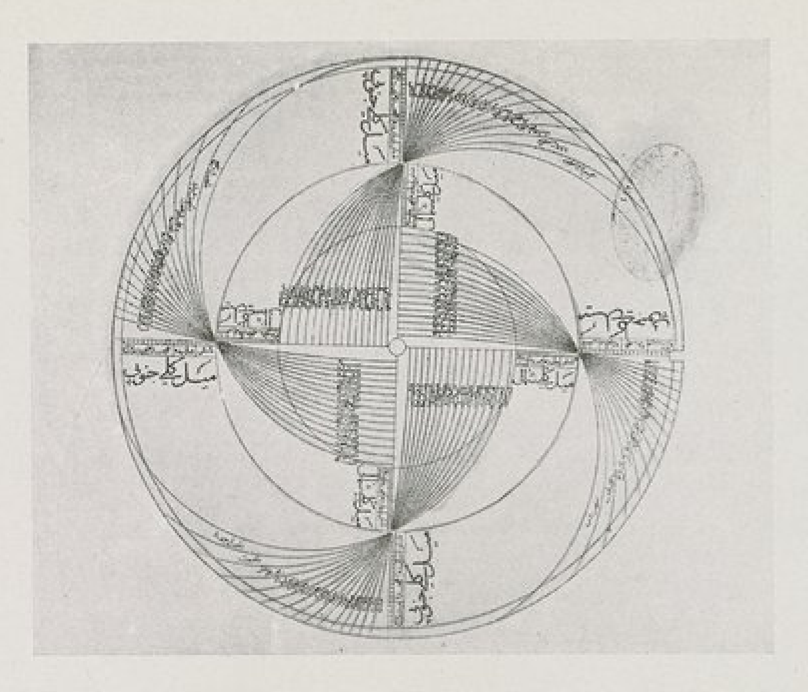
باختلاف مكان الرصد على سطح الأرض . ولذلك إذا أريد استعمال الاسطرلاب في عدة بلاد ، يرسم لكل منها وجه خاص من إحدى الصفائح فتصلح بذلك



(شكل ٩)

كل صفيحة لبلدين ، وفي بعض الاسطرلابات يبلغ عدد الصفائح عشراً .
ولكن زيادة عدد الصفائح تزيد في حجم الاسطرلاب وثقله ، ولذلك قد أضيفت

فى بعض الاسطرلابات صفيحة تسمى الصفيحة الأفاقية (شكل ١٠) ، يمكن بها استعمال الآلة فى عدة جهات . ولا ترسم على هذه الصفيحة المقنطرات

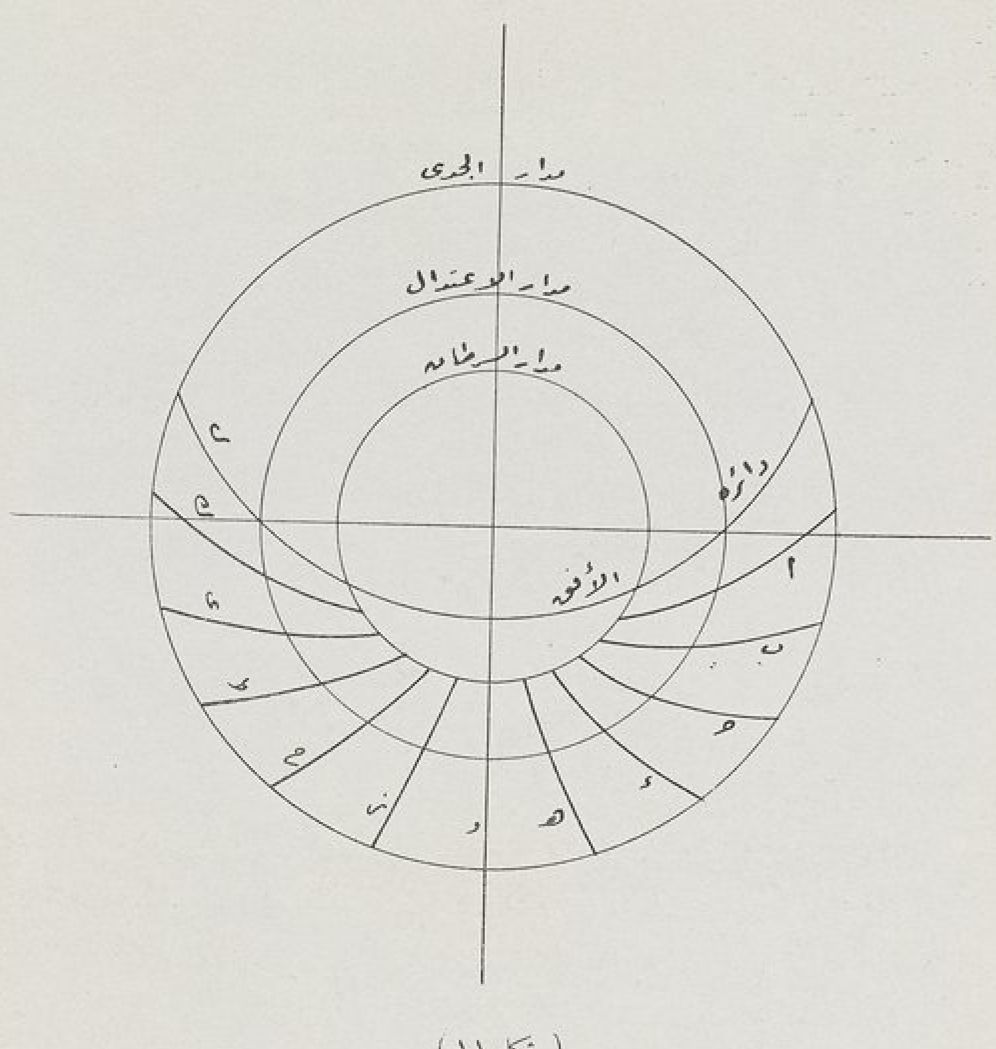


(شكل ١٠) الصفيحة الافاقية

أو السموت ، بل يكتفى برسم المدارات الثلاثة والقطرين المتعامدين . ثم يرسم على ربع من أرباع الصفيحة نصف دائرة الأفق فقط لعرض معين . ثم فى الربع الثانى ، نصف دائرة الأفق للعرض الذى يليه بدرجة واحدة ، وهكذا ، فيكون الفرق بين كل أفقين فى الربع الواحد أربع درجات . والعادة أن يكتفى بسبعة أقواس فى كل ربع ، فكأن الصفيحة تصلح للعمل بها فى ثمان وعشرين درجة من درجات العرض .

أما الخطوط المرسومة تحت الأفق من صفائح الاسطرلاب فتسمى خطوط الساعات (شكل ١١) وهى ليست طبعاً مساقط الدوائر السويعية ، بل هى تدل على مايسمى الساعات الزمانية ، وهى جزء من اثنى عشر جزءاً من طول الليل

أو طول النهار ، فهى تختلف عادة بين الليل والنهار فى اليوم الواحد ، وتختلف كذلك من يوم ليوم . وترسم هذه الخطوط ، بأن تقسم أقواس المدارات الثلاثة

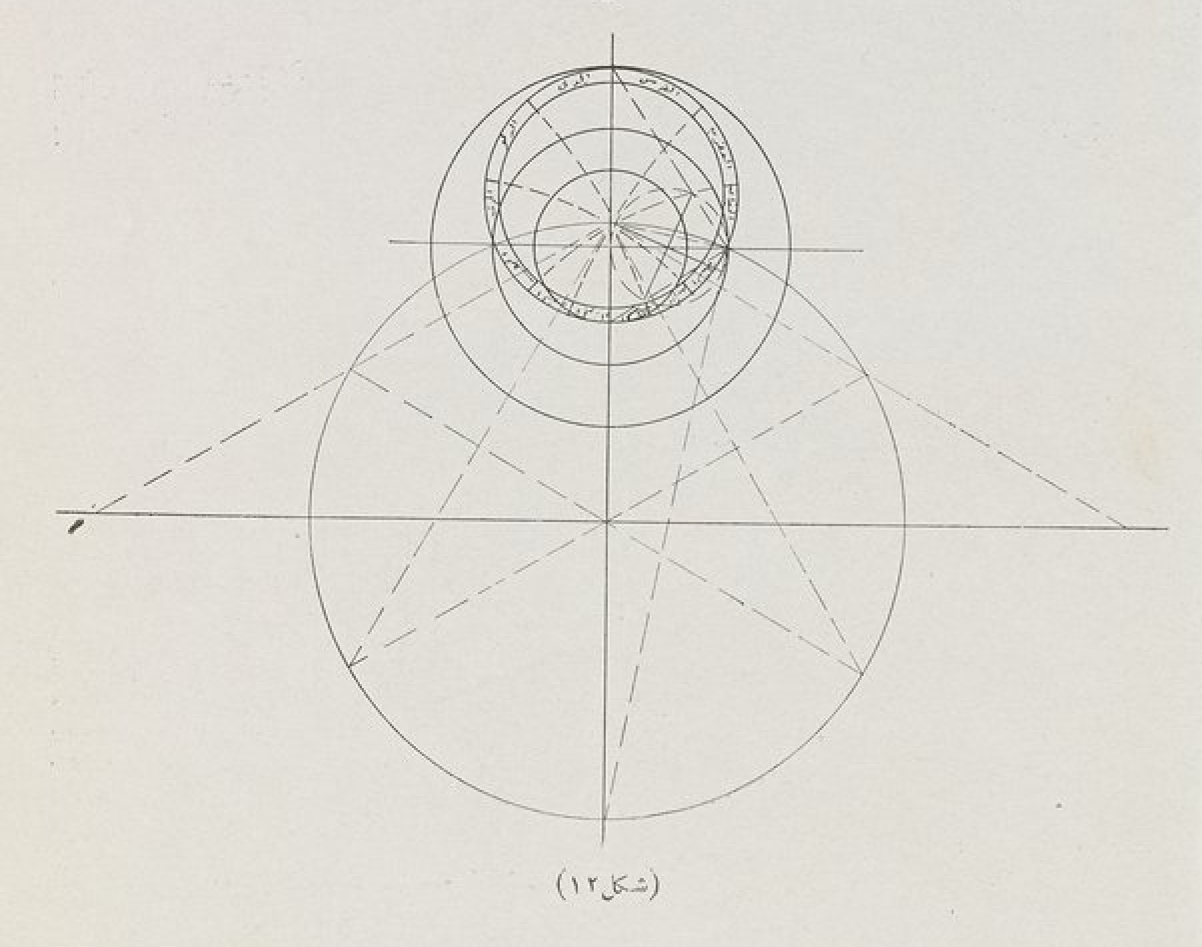


(شكل ١١)

التى تحت الأفق ، كل منها إلى اثنى عشر قسما متساوية ، ويرسم الخط الذى يصل كل ثلاثة نقط تدل على ساعة واحدة . فتكون أقواس توضع عليها أرقام الساعات بالحروف الأبجدية . وفى بعض الآلات يرسم بين خطوط

الساعات الزمانية خطان أحدهما للعصر الأول وهو الوقت الذى يكون فيه ظل كل شيء مثله مضافا إليه طول ظل ذلك الشيء وقت الزوال ويسميه العرب ظل الفيء . وثانيهما للعصر الثانى وهو الوقت الذى يبلغ فيه ظل كل شيء مثليه مضافين إلى ظل الفيء .

أما الشبكة أو العنكبوت (شكل ٦) ، فهى أيضا بسط لقبة السماء على دائرة الاعتدال ، مبين عليها فقط مدار الشمس السنوى أو دائرة البروج ، ثم عدد من النجوم الشهيرة يختلف بين العشرين والأربعين ، وترسم دائرة البروج (شكل ١٢) على الكرة م مائلة على خط الاستواء بمقدار ثلاث وعشرين درجة ونصف درجة تقريبا . ثم يرسم مسقطها بنفس الطرق السابقة ، ويقسم محيطها إلى اثنى عشر قسما غير متساوية ، وتوضع عليها أسماؤها ، وهى الحمل . الثور .



(شكل ١٢)

الجوزاء . السرطان . الأسد . السنبلة . الميزان . العقرب . القوس . الجدى . الدلو . الحوت .

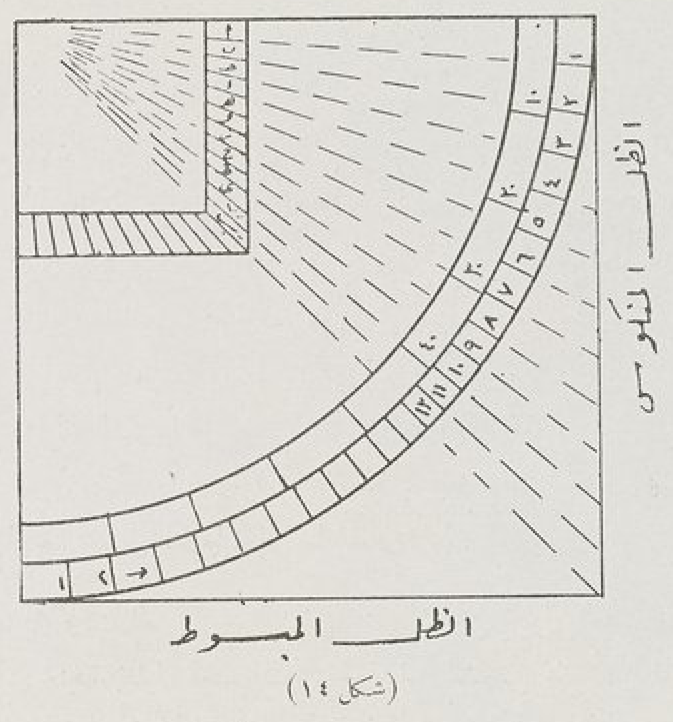
أما مواقع النجوم الشهيرة ، فتعينها خوارج صغيرة فى الصفيحة يدل سن كل خارجة على مسقط موقع النجم على دائرة الاعتدال . ويكفى لتعيين موقع النجم على قبة السماء ، أن تعين دائرتان من الدوائر السابقة متقاطعتان عنده ، فيكون تقاطع مسقطيهما هو مكان مسقط النجم . ومن النجوم التى توجد على أكثر الاسطرلابات السماك الرامح (Arcturus) والسماك الأعزل (Spica) والنسر الواقع (Vega) والنسر الطائر (Altair) والشعرى اليمانية (Sirius) والشعرى الشامية (Procyon) ومنكب الجوزاء (Betelgeuse) ورجلها (Rigel) .

أما ظهر الاسطرلاب (شكل ١٣) فعليه عدة خطوط ، أولها القطران اللذان



(شكل ١٣) ظهر الاسطرلاب

يتقاطعان عند مركزه، أحدهما يمر بنقطة التعليق والآخر قائم عليه . فيقسم هذان القطران ظهر الاسطرلاب إلى أرباع متساوية كل ربع مقسم إلى تسعين درجة ابتداء من خط المشرق والمغرب . وتكتب على أحد الربعين اللذين تحت هذا الخط مقادير الظل والظل التمام لزواياه من درجة إلى ٤٥° باعتبار أن نصف قطره يساوي اثنى عشر جزءاً . وقد يرسم داخل هذا الربع، مربع للظلين وقد أسماهما العرب الظل المنكوس والظل المبسوط (شكل ١٤)، ويقسم ضلعان



(شكل ١٤)

من أضلاع المربع كل إلى اثنى عشر قسما، سميت أصابع، ويكتب عدد الأصابع على الضلع ابتداء من القطر . ولا تترك الأرباع الباقية خالية، فقد ترسم إحداها ميول الشمس من خط الاستواء إلى أحد المدارين أى من صفر إلى الميل الاعظم، وهو ثلاث وعشرون درجة ونصف درجة تقريباً . ويرسم آخر بحيث يمكن به معرفة وقت دخول العصر فى أى مكان، وذلك بتعيين درجة انخفاض الشمس عن ارتفاعها فى وقت الزوال . وترسم فى الربع الباقى جيوب الزوايا ولذلك يسمى بالربع المجيب .

وقد يرسم على ظهر بعض الاسطرلابات دائرة ينقسم محيطها إلى اثنى عشر قسما تبين بروج السماء ويقسم قوس كل برج إلى ثلاثين درجة . ثم يرسم داخل هذه الدائرة ، دائرة أخرى تكتب على محيطها أسماء الشهور الشمسية ، وبذلك يمكن معرفة الدرجة التى تكون عليها الشمس فى دائرة البروج فى أى يوم من أيام السنة .

والآن أنتقل بحضراتكم إلى بعض الأغراض التى كان يستعمل من أجلها الاسطرلاب . وقد ورد فى مخطوط بدار الكتب ما يزيد على مائة استعمال . ولكن بعضها مكرر أكثر من مرة ، إلا أن هذا العدد يدل على ما كان لهذه الآلة من فائدة عندهم . والكثرة العظمى من هذه الاستعمالات تتعلق بالظواهر الفلكية طبعاً ، وسأذكر منها على سبيل المثال ما يتعلق بأوقات الصلاة . فلمعرفة وقت دخول العشاء يبحث أولا عن درجة الشمس أو موقعها على دائرة البروج فى اليوم المطلوب ، ثم توضع على أفق المغرب بادارة العنكبوت . وتقرأ الدرجة التى يعينها المؤشر أو المرى على تدريج الحجرة ، وتحفظ . ثم تدار الشبكة حتى تقع الشمس على خط الشفق ، وتقرأ الدرجة التى يعينها المؤشر . ويؤخذ الفرق بينها وبين القراءة المحفوظة ، فيعلم وقت دخول العشاء بعد الغروب ، بعد تحويل الدرجات إلى ساعات ودقائق .

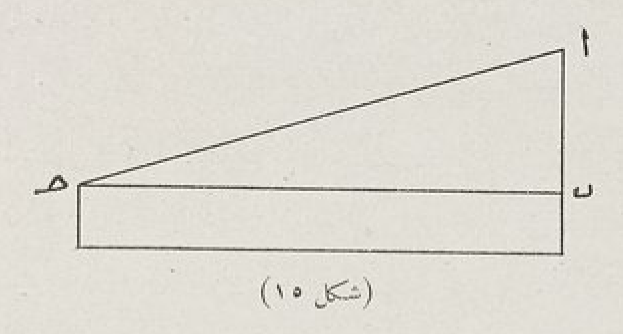
ولمعرفة وقت العصر — ويدخل عند الشافعى بحلول العصر الأول ، وعند أبى حنيفة بحلول العصر الثانى — توضع الشمس على أفق المغرب . وتعين الدرجة التى يقرؤها المؤشر . ثم توضع على خط العصر المطلوب . وتقرأ درجة المؤشر وتطرح من الدرجة الأولى . فيكون الفرق هو الحصة التى بين العصر والمغرب . وبطرحه من اثنتى عشرة ساعة يعلم وقت دخول العصر بالساعات الزمانية .

ولنقل قبلة مسجد إلى موضع آخر فى أفق واحد ، يرسم خط مستقيم فى المسجد الذى نريد نقل قبلته . من جهة الشمال إلى القبلة . ثم يقام شاخص بزاوية قائمة على هذا الخط . ويرصد ظل الشاخص حتى ينطبق على الخط .

فيؤخذ ارتفاع الشمس بالاسطرلاب ويحفظ . ثم يقصد إلى الموضع الآخر فى غد ذلك اليوم ، ويقام فيه الشاخص ، وترصد الشمس حتى تنتهى إلى الارتفاع المحفوظ ، فيخط خط فى ذلك الوقت على ظل الشاخص ، ويخرج على استقامته ، وتقام عليه قبلة ذلك الموضع .

وإلى استعمال الاسطرلاب فى الأمور الفلكية كان يستعمل كذلك فى شؤون مساحة الأرض ، من تعيين المواقع ، واستخراج الارتفاعات ، وتقدير عرض الأنهار ، وعمق الآبار . وسأذكر لحضراتكم وصف بعض هذه الطرق . بعضها بالألفاظ التى وردت بها فى الأصل ، كمثال للشرح دون الاستعانة بالرموز أو الأشكال . والبعض باصطلاحاتنا الحديثة .

قال « لاستخراج ارتفاع الصوامع والنخيل ، وأعمدة الجبال ، والجدارات وغير ذلك مما هو قائم على بسيط الأفق على زاوية قائمة ، مما يمكن ذرع ما بينك وبين مسقط عموده . إذا أردت ذلك تأخذ ارتفاع أعلى ذلك الشيء كما تأخذ ارتفاع الكواكب . واعرف أصابع الظل المبسوط لذلك الارتفاع على نحو ما تقدم واحفظها . وامسح ما بين قدميك وأصل القائم بالشبر أو بالذراع أو بما شئت من المقادير . فما كان من ذلك فاضربه فى اثنى عشر ، واقسم المجتمع على عدد أصابع الظل المبسوط الذى حفظت . فما خرج فهو ارتفاع ذلك الشيء المرتفع بالمقدار الذى مسحت به ، فزد عليه ما بين بصرك إلى الأرض ، فما اجتمع فهو ارتفاع ذلك الشيء المرتفع إن شاء الله » (شكل ١٥) .

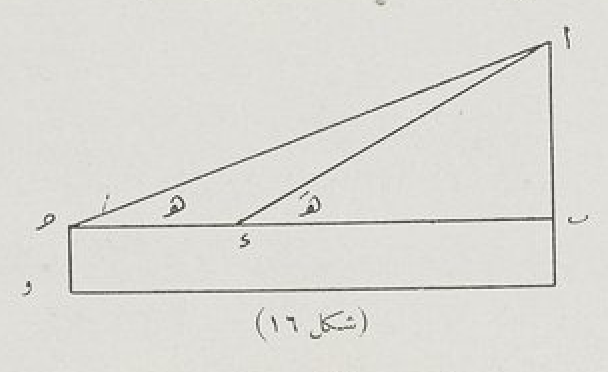


(شكل ١٥)

وإذا لم يتيسر الوصول إلى أصل ذلك الشيء ، يعين ارتفاع أعلاه من مكانين مختلفين على استقامة واحدة مع أصله . ويقاس البعد بين المكانين وليكن س فيكون الارتفاع .

$$ع = \frac{س}{ظتا هـ - ظتا هَ}$$ حيث هـ ، هَ زوايتى الارتفاع

وطبعا يضاف إلى ع طول الراصد حـ و (شكل ١٦) .

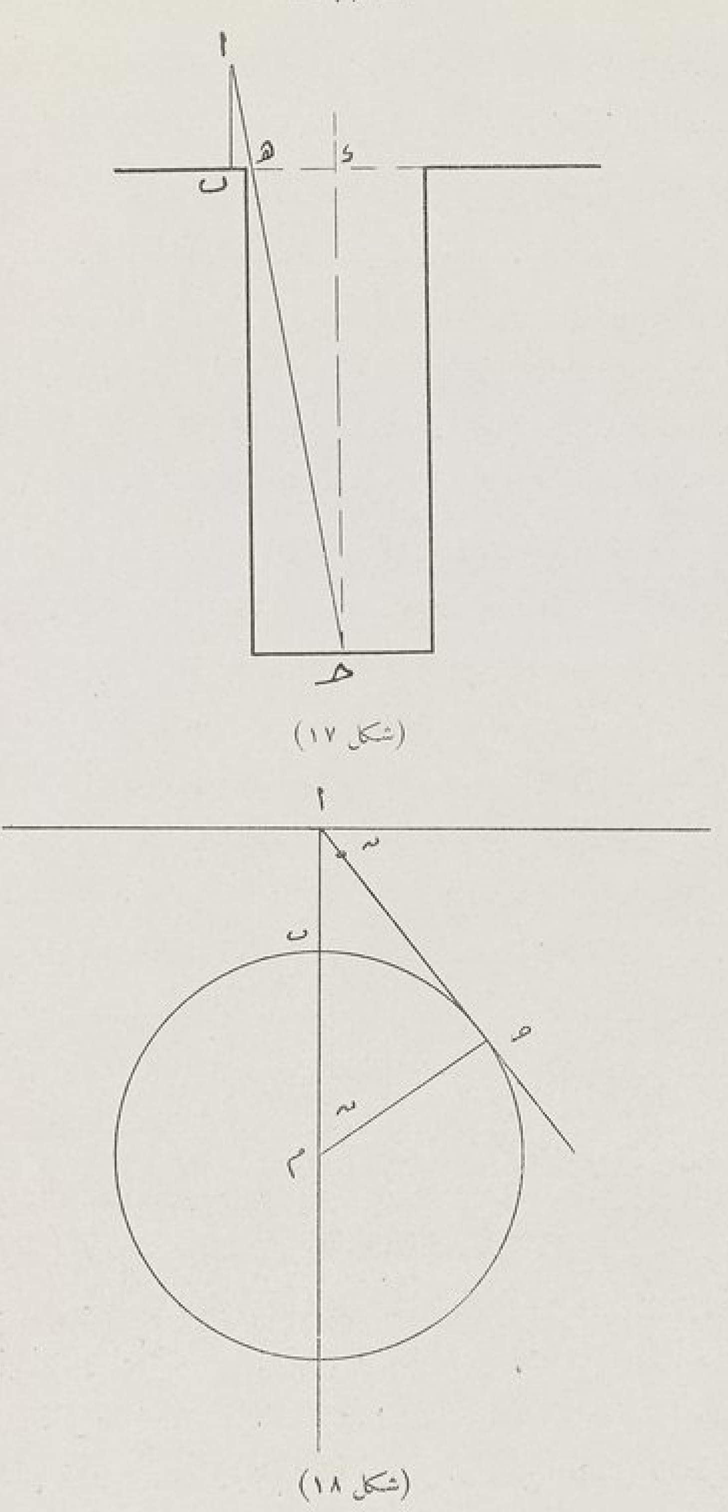


(شكل ١٦)

ولمعرفة سعة نهر يقف الراصد على أحد جانبيه ، ويحرك العضادة حتى يظهر له الجانب الآخر واضحاً خلال الثقبين وتعين زاوية الانخفاض فتكون سعة النهر تساوى قامة الراصد مضروبة فى الظل التمام لزواية الانخفاض .

ولمعرفة عمق بئر (شكل ١٧) كما جاء فى كتاب آخر قال « انصب على البئر ما يكون بمنزلة قطر تدويره ، وألق ثقيلا مشرقا من منتصف القطر بعد إعلامه ، ليصل إلى قاع البئر بطبعه ، ثم انظر إلى المشرق من ثقبي العضادة . بحيث يمر الخط الشعاعى مقاطعا للقطر إليه . واضرب ما بين العلامة ونقطة التقاطع فى قامتك ، واقسم الحاصل على ما بين النقطة وموقفك ، فالخارج عمق البئر » .

وقد استعمل الاسطرلاب فى إيجاد محيط الكرة الأرضية ، وقد بين ذلك أبو الريحان البيرونى . وطريقته هى أن يصعد الراصد جبلا مشرفا على بحر أو برية منبسطة ، ويرصد الشمس عند الغروب ويقدر زاوية انحطاط الأفق ن (شكل١٨) ،



(شكل ١٧)

(شكل ١٨)

وهى دائما صغيرة مهما كان الجبل مرتفعاً . فاذا كان ارتفاع الجبل ع فان نصف قطر الكرة الأرضية يساوى $\frac{\text{ع — جتان}}{\text{١ — جتان}}$ وهى المعادلة التى استعملها البيرونى . وقد أخرج الطريقة السابقة من القوة إلى الفعل . فاختار جبلا فى بلاد الهند . مشرفا على البحر ، واستنبط أن مقدار الدرجة من خط نصف النهار ، تساوى ٥٨ ميلا على التقريب . وقد أدرك أن عمله تقريبى ، لصغر الاسطرلاب ، وصعوبة تقدير زاوية الانحطاط على التحقيق . ومع ذلك إذا علمنا أن الميل العربى كان نحواً من ١٩٧٣ متراً فان تقدير البيرونى لم يكن بعيداً عن الصواب . فالخطأ فيه لا يزيد عن ثلاثة أجزاء من مائة جزء .

وأنتقل إلى المسألة الأخيرة . وهى كيف نشأت هذه الآلة ، ومن الذي اخترعها . لم يكن الانسان فى أول أمره يطلب العلم للعلم . بل كان دائما — ولا يزال إلى الآن فى غالب الأحوال — يبغى الفائدة العاجلة من وراء بحثه فى مشاهد الطبيعة ، بل لعل الحاجة هى التى كانت تدفعه دفعاً ، فى أول الأمر ، إلى النظر فيما حوله من خلق السموات والأرض . فقد كان لا بد له من معرفة السنين والفصول ولو بصفة تقريبية . وإلا صارت الزراعة المنتجة مستحيلة .

وبدأت دراسة السماء ، ومراقبة حركة الشمس والكواكب والنجوم ، فى الواديين العظيمين ، اللذين نشأت فيهما الحضارة . وما من شك أن الباحثين فى هذه الأمور كانوا يستعينون عندئذ على عملهم بآلات بدائية بسيطة . أخذت تتحسن مع الوقت . وقد تكون قد انتهت الى الاسطرلاب ، بشكله الكروى أولا ، ثم المنبسط . ولذلك لا يمكن تحديد وقت اختراع الاسطرلاب على التحقيق ، أو نسبته الى رجل بعينه ، وقد كان البابليون والأشوريون أطول باعاً من قدماء المصريين فى علم الفلك . وأيضاً لم يعثر على مثل هذه الآلة فى الآثار المصرية على كثرتها . ولكن يقابل ذلك من جهة أخرى ، أن أول ذكر صريح للاسطرلاب ، قد نسب اختراعه الى علماء من مدرسة الاسكندرية أو على صلة وثيقة بها فقد ورد أن أول من استعمل الاسطرلاب

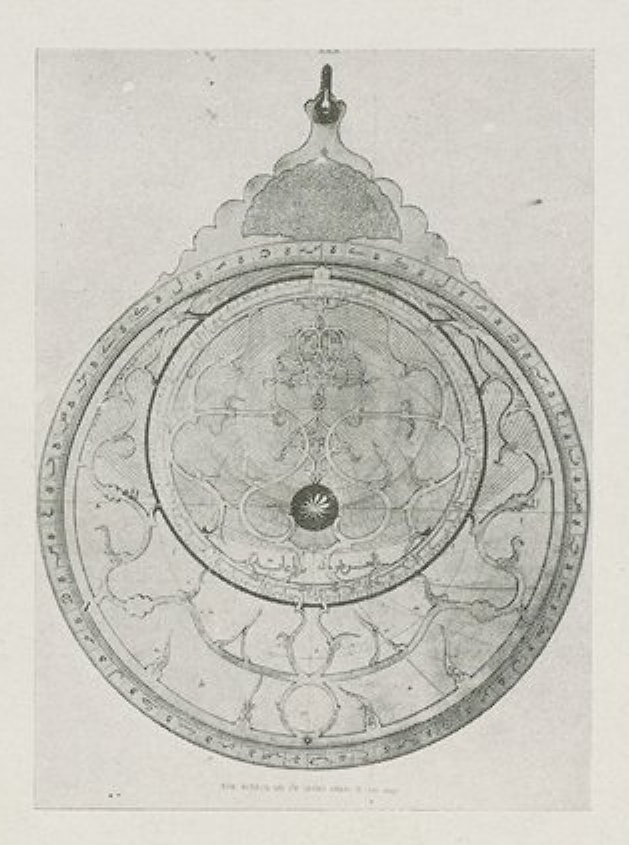
هو ارستاركس اليونانى (٣٢٠ — ٢٦٠ ق . م) أما انه اخترعه أوهذبه فقط ، فلم يذكر شيء على التحقيق ، وكان طبيعياً أن يكون الاسطرلاب الأول من النوع الكرى ، فهو أقرب الى الطبيعة ، بل هو صورة لها . ثم أتى بعده هيباركس فى القرن الثانى قبل الميلاد ، وهو من مدرسة الاسكندرية ، وتقدم على يديه علم الفلك تقدماً كبيراً ، وضبطت بعض أصوله المبنية على المشاهدة ، وقيل إنه أول من عمل بالاسطرلاب المسطح . ثم في القرن الثانى من الميلاد أتى بطليموس الاسكندرى صاحب كتاب المجسطى ، الذى قال فيه ابن القفطى « والى بطليموس هذا انتهى علم حركات النجوم ومعرفة أسرار الفلك ، وعنده اجتمع ما كان متفرقاً من هذه الصناعة » ووصف بطليموس الاسطرلاب ، وكيفية العمل به فى كتابه هذا ، الذى بقى من أهم المراجع فى علم الفلك أكثر من ألف سنة .

ووقف الدهر بعلم الفلك ، كما وقف بغيره من العلوم ، فاكتفى تلاميذ بطليموس بشرح كتابه ، والتعليق عليه ، وممن ورد ذكرهم من هؤلاء سينسيوس (Synesius) من بلده (Syrene) وقد توفى فى أوائل القرن الخامس من الميلاد وقد عمل اسطرلاباً من فضة ، وأهداه الى صديق له ، مع رسالة من تأليفه ، تبين كيفية استعمال الاسطرلاب . ثم فيلوبون (Philopon) الذى ألف رسالة فى الاسطرلاب فى أوائل القرن السابع . أى قبل الاسلام بقليل ، وحول ذلك الوقت أيضاً ، فى منتصف القرن السابع ألف ساويرس سابوكت (Severus Sabokt) من أحبار الكنيسة . كتابا فى الاسطرلاب بالسريانية ، لا شك أنه اقتبسه من الكتب اليونانية الموجودة فى ذلك الحين .

وانتقلت العلوم الى أيدى العرب ، فأقاموا من جديد ما تداعى من بنائها . وللارتباط الوثيق بين أحكام الشريعة الاسلامية وبين الظواهر الفلكية كان علم الفلك وآلات الرصد من أول ما عنى به القوم ، وقيل إن أول من عمل اسطرلابا مسطحاً من العرب هوأبو اسحاق ابراهيم بن حبيب بن سليمان الفزارى،

من فلكى المنصور العباسى (١٣٦ — ١٥٨ هـ) (٧٥٤ — ٧٧٥ م) وقد ألف فيه كتابا هو « العمل بالاسطرلاب المسطح وذات الحلق » وقد ضاع أصل هذا الكتاب وفقط ورد ذكره فى كتاب الفهرست لابن القفطى .

وانتشرت معرفة الاسطرلاب ، وكيفية صناعته ، والعمل به مع الحضارة العربية الى مصر . وشمال افريقيا والاندلس غربا . والى فارس وما يليها الى الشمال الشرقى . وقد بلغت صناعته فى هذه الاقطار درجة من الاتقان تدعو إلى الاعجاب (شكل ١٩) ، سواء أكان ذلك فى إحسان صنعة الآلة نفسها ،

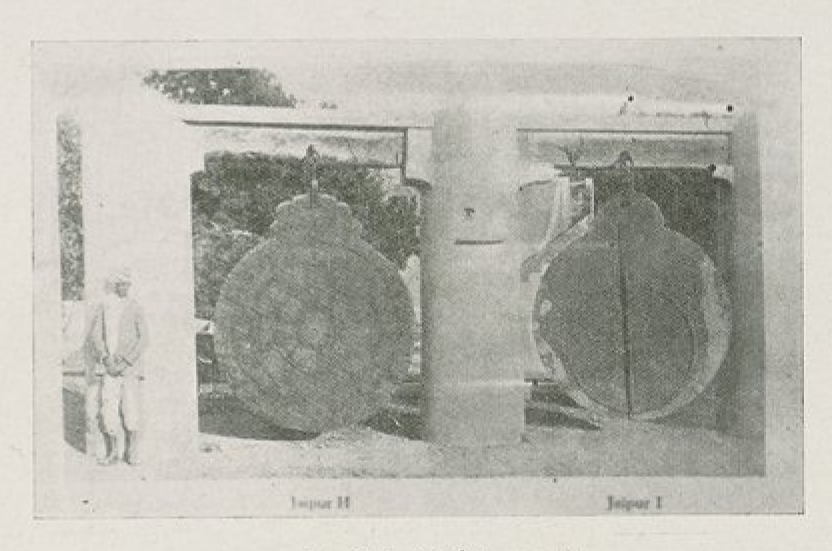


(شكل ١٩) اسطرلاب فارسى

أم فى تحديد مواقع النجوم وعروض البلاد عليها ، أم فى التدقيق فى رسم الدوائر والخطوط ، وكان لقب الاسطرلابى لقباً يطمع فيه مهرة الصناع وأغلب الظن أنه كان يمنح من الملوك والأمراء .

وإلى الشرق أخذت الهند صناعة الاسطرلاب عن الفرس والعرب وأول كتاب ألف فيه كان حوالى عام ١٣٧٠ ميلادية . كتبه عالم هندى قال فى مقدمته ما معناه « وقد كتب كثير من أهل الغرب كتبا فى الاسطرلاب بلغتهم ، كل من ناحية ، وقد وجدت هذه الكتب كالبحر المحيط لا نهاية له فاقتطفت منها هذا الكتاب فجاء كالرحيق المعطر » .

ومن أشهر من عنى بعلم الفلك من الهنود المهراجا جاى سنج الثانى ١٦٨٦ — ١٧٤٣ الذى أمر بنقل المجسطى من العربية إلى السنسكريتية ، وأقام خمسة مراصد بخمس مدن مختلفة جهزها بآلات الرصد المعروفة حينئذ وأولها الاسطرلاب وقد بلغ قطر بعض هذه الآلات سبعة أقدام (شكل ٢٠) . وقيل إنه بنى اسطرلاباً قطره ٥٥ قدماً .



(شكل ٢٠) الاسطرلاب الهندى

ومن الأندلس غربا انتقل الاسطرلاب إلى أوروبا فانتشر فيها وصار لكل مرصد اسطرلاب كبير. هذا الى الآلات الصغيرة التى يحملها المسافرون والمساحون ورجال العلم . وفى النصف الأخير من القرن الخامس عشر (١٤٨٠) اقتبس مارتن بهيم (Martin Behaim) من الاسطرلاب الفلكى الاسطرلاب الملاحى

وهو النوع الذى استعمله كولمبوس في رحلاته وبقى مستعملا فى الملاحة إلى أن اخترع هادلى آلة الربع عام ١٧٣١ .

وظل الاسطرلاب منتشراً فى أوروبا إلى القرن السابع عشر الميلادى ، ثم أخذ يقل استعماله بتقدم آلات الرصد الحديثة . ومع ذلك فأغلب هذه الآلات ليست إلا أجزاء من الاسطرلاب قد هذبت وجعلت دقيقة ولكن لا توجد آلة منها واحدة قد جمعت كل فوائد الاسطولاب . نعم انه ليس بدقتها المتناهية ، ولكن مثل هذه الدقة ليست مطلوبة فى كل وقت ، ففى كثير من الشؤون الاعتيادية يكفى التقريب المعقول . فهذه الآلة جديرة بأن يعنى بأمرها ، وتعاد إليها سيرتها الأولى . فقد أصبحت صلتنا بعلوم العرب تكاد تكون منقطعة ، وما أولانا بأن نصلها بمثل هذه الصلة المفيدة .

وقد اعتمدت فى تحضير هـذه الكلمة على عدة كتب . أذكر منها على الأخص اثنين : أحدهما تذكرة الألباب فى استيفاء العمل بالاسطرلاب ، للشيخ الفقيه الأجل ، القاضى الأغر ، المرحوم أبى القاسم بن أحمد بن ابراهيم ابن الزبير الثقفى وهو مخطوط بدار الكتب . والثانى كتاب رياض المختار ، مرآة الميقات والأدوار . للغازى أحمد باشا مختار . وقد نقله من التركية إلى العربيـة ، شفيق بك منصور يكن ، وهو مطبوع بالمطبعة الأميرية سنة ١٣٠٦ هجرية .

وهناك كتاب انجليزى ثمين هو (Astrolabes of the World) وضعه R. T. Gunther وطبع بمطبعة أكسفورد سنة ١٩٣٢ وقد أخذت عنه الصور الشمسية التى عرضت على حضراتكم .

وأخيراً لابد لى من القيام بواجب مستحب ، وهو أن أشكر حضرات مدير مكتبة الجامعة ، والأستاذ عبد العزيز اسماعيل أمينها الأول ، ومدير دار الكتب ، والأستاذ عبد المنعم محمد عمر أمينها ، ومدير دار الآثار العربية ، والدكتور محمد مصطفى أمينها ، لما لقيت منهم من مساعدة كريمة بذلت عن طيب خاطر . ثم الأستاذين الجليلين مصطفى نظيف بك ، ومحمد رضا مدور بك لارشادهما

إياى إلى عدد من المراجع و نقدها هذه الكلمة نقداً هو أقرب شىء إلى التشجيع.
ثم أشكر لكم تفضلكم بالاستماع، و كل عام وحضراتكم وذكرى ابن الهيثم بخير.

فى ظل نصير العلوم

"فاروق الأوّل" حفظه الله

تم طبع هذه المحاضرة فى عهد حضرة صاحب الجلالة
الملك " فاروق الأول " بمطبعة جامعة فؤاد الأول
فى ١٢ من ذى القعدة سنة ١٣٦٦ ﻫ

محمد زكى خليل
مدير مطبعة جامعة فؤاد الأول

(مطبعة جامعة فؤاد الاول ٤١-١٩٤٧-٥٠٠)


Princeton University Library
32101 073836858